



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

8

21 Aktenzeichen: 100 31 461.9
22 Anmeldetag: 28. 6. 2000
43 Offenlegungstag: 17. 1. 2002

71 Anmelder:
Infineon Technologies AG, 81669 München, DE
74 Vertreter:
Müller - Hoffmann & Partner Patentanwälte, 81667
München

72 Erfinder:
Mauder, Anton, Dr., 83059 Kolbermoor, DE; Porst,
Alfred, 81249 München, DE

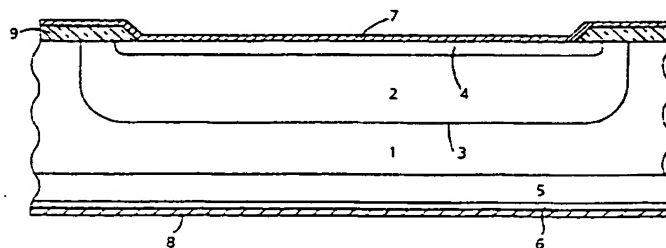
56 Entgegenhaltungen:
DE 195 43 922 A1
DE 38 23 795 A1
DE-OS 24 15 218
EP 07 49 166 A1
EP 06 14 231 A2
EP 01 35 733 A2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Hochvolt-Diode

57 Die Erfindung betrifft eine Hochvolt-Diode, bei der die Dotierungskonzentrationen eines Anodengebietes (4, 2) und eines Kathodengebietes (1, 5, 6) im Hinblick auf die Grundfunktionen "statisches Sperren" und "Durchfluß" optimiert sind. Die Dotierungskonzentrationen betragen 1×10^{17} bis 3×10^{18} Dotierstoffatome cm^{-3} für den Anodenemitter (4), insbesondere an dessen Oberfläche 10^{19} Dotierstoffatome cm^{-3} oder darüber für den Kathodenemitter (6) und etwa 10^{16} Dotierstoffatome cm^{-3} für die Sperrfunktion einer anodenseitigen Zone (2).



DE 100 31 461 A 1

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Hochvolt-Diode mit einer anodenseitigen p-leitenden Zone, einer kathodenseitigen n-leitenden Driftzone, die mit der p-leitenden Zone einen pn-Übergang bildet, einem an eine Anodenmetallisierung angrenzenden und in der p-leitenden Zone vorgesehenen p⁺-leitenden Anodenemitter und einem an eine Kathodenmetallisierung angrenzenden n⁺-leitenden Kathodenemitter.

[0002] Bei schnellen Hochvolt-Dioden der oben genannten Art, also bei Dioden mit einer pn⁺-Struktur, sollte der Wirkungsgrad des Anodenemitters möglichst niedrig sein, um eine einstellbare geringe Überschwemmung der n-leitenden Driftzone mit Ladungsträgern an deren anodenseitigem Ende und damit eine geringe Rückstromspitze beim Abkommutieren der Hochvolt-Diode zu erreichen.

[0003] Diese Einstellung des Wirkungsgrades des Anodenemitters auf relativ geringe Werte wird derzeit durch Anwendung von Bestrahlungstechniken oder durch generelles Reduzieren der in die p-leitende Zone eingebrachten p-Dosis erreicht. Bei Anwendung von Bestrahlungstechniken steigt aber durch die damit zwangsläufig induzierten Kristallschäden das Sperrstromniveau der Hochvolt-Diode, während einer Reduktion durch Minimierung der p-Dosis insofern Grenzen gesetzt sind, als eine zu niedrige p-Dosis keine ausreichende Kontaktierung gewährleistet und die Kommutierungsfestigkeit sowie die statische Sperrfähigkeit der Hochvolt-Diode herabsetzt.

[0004] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Hochvolt-Diode anzugeben, die sich durch einen niedrigen Wirkungsgrad des Anodenemitters auszeichnet und dennoch weder ein erhöhtes Sperrstromniveau noch Beeinträchtigungen hinsichtlich Kontaktierung und Kommutierungsfestigkeit zeigt.

[0005] Diese Aufgabe wird bei einer Hochvolt-Diode der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die p-leitende Zone im Vergleich zu dem eine relativ hohe Oberflächenkonzentration, aber eine geringe Eindringtiefe aufweisenden p⁺-leitenden Anodenemitter niedrig dotiert ist, daß zwischen der n-leitenden Driftzone und dem n⁺-leitenden Kathodenemitter eine n-leitende Zone vorgesehen ist, daß die Dotierstoff-Dosis des p⁺-leitenden Anodenemitters zwischen $1,3 \times 10^{12}$ Dotierstoffatomen cm⁻² und 5×10^{13} Dotierstoffatomen cm⁻² liegt und daß die an den pn-Übergang angrenzende p-leitende Zone mit einer Dosis von $(1,3 \dots 3) \times 10^{12}$ Dotierstoffatomen cm⁻² dotiert ist.

[0006] In einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß die Dotierstoff-Dosis des p⁺-leitenden Anodenemitters zwischen 5×10^{12} Dotierstoffatomen cm⁻² und 2×10^{13} Dotierstoffatomen cm⁻² liegt.

[0007] Die Dotierungskonzentration des n⁺-leitenden Kathodenemitters liegt an der Oberfläche vorzugsweise über 10^{19} Dotierstoffatome cm⁻³. Weiterhin ist die an den pn-Übergang angrenzende p-leitende Zone, die in bevorzugter Weise mit einer Dosis von etwa $(1,3 \dots 1,8) \times 10^{12}$ Dotierstoffatomen cm⁻² implantiert sein kann, mit einer Diffusionsweite von etwa 2 µm ausdiffundiert. Die Dotierungskonzentration der ausdiffundierten Dotierstoffatome beträgt dann etwa 10^{16} Dotierstoffatome cm⁻³. Für die Herstellung der p-leitenden Zone kann selbstverständlich aber auch anstelle einer Implantation eine Diffusion angewandt werden.

[0008] Der p⁺-leitende Anodenemitter ist vorzugsweise mit einer Dosis von höchstens 2×10^{13} Dotierstoffatomen cm⁻² implantiert.

[0009] Zusätzlich kann der Emitterwirkungsgrad des Kathodenemitters und/oder des Anodenemitters durch oberflächennahe Kristallschäden reduziert werden. Diese Kristall-

schäden können durch Bestrahlung oder Ionenimplantation erzeugt sein. Für eine solche Bestrahlung oder Ionenimplantation kann insbesondere Argon oder Krypton verwendet werden.

[0010] Die erfindungsgemäße Hochvolt-Diode bzw. deren oben angegebenen Bemessungsvorschriften für insbesondere die Dotierungskonzentration beruhen auf der Überlegung, die wesentlichen Grundfunktionen einer Diode, nämlich "statisches Sperren" und "Durchlaß", durch gezielt optimierte, jeweils hierfür angepaßte Strukturen in einem Halbleiterkörper bzw. einem Chip zu erreichen. Diese Grundfunktionen sollen weiter unten näher speziell für die Anodenseite erläutert werden. Für die Kathodenseite gelten äquivalente Überlegungen. Gleiches gilt selbstverständlich auch für eine gemeinsame Verwirklichung der Grundfunktionen auf der Anodenseite und der Kathodenseite.

[0011] Für die Funktion "statisches Sperren" gelten die folgenden Überlegungen:

[0012] Tritt an einem pn-Übergang ein Lawinendurchbruch auf, liegt physikalisch bedingt die höchste mögliche Sperrspannung an dem den pn-Übergang enthaltenden Chip mit einem p-leitenden Gebiet und einem n-leitenden Gebiet an. Damit sind in dem Chip Dotierstoffatome sowohl im p-leitenden Gebiet als auch im n-leitenden Gebiet entsprechend der Durchbruchladung ionisiert. Die Durchbruchladung ist dabei über die zweite Maxwell-Gleichung mit der Durchbruchsspannung verknüpft. Für Silizium beträgt die Durchbruchladung etwa $(1,3 \dots 1,8) \times 10^{12}$ Dotierstoffatome cm⁻².

[0013] Dies bedeutet nun, daß eine Dosis von etwa $1,8 \times 10^{12}$ Dotierstoffatomen cm⁻² an sich als ausreichend anzusehen ist, um einen statischen Durchgriff eines elektrischen Feldes in eingebrachten Metallkontakt zu verhindern.

[0014] Derart niedrige Dosen von $1,8 \times 10^{12}$ Dotierstoffatomen cm⁻² werden vorzugsweise mittels Ionenimplantation in den Chip eingebracht. Da aber schon kleine Partikel oder Defekte die feldstoppende Wirkung vermindern und damit zu einem Sperrausfall der Hochvolt-Diode führen können, ist es vorteilhaft, wenn die implantierten Dotierstoffatome ausdiffundiert werden. Die minimale Diffusionsweite hängt dabei von der zu erwartenden Größe der Defekte ab.

[0015] Außerdem sollte die implantierte Dosis etwas angehoben sein, um letztlich sicherzustellen, daß auch unter Berücksichtigung der erwähnten Defekte durchgehend in den betrachteten Gebieten noch eine Dosis von $1,8 \times 10^{12}$ Dotierstoffatomen cm⁻² vorhanden ist.

[0016] Bei einer Diffusionsweite von beispielsweise 2 µm ergibt sich dann eine mittlere Dotierstoffkonzentration von etwa 10^{16} Dotierstoffatomen cm⁻³.

[0017] Die Wirkungsweise und die Herstellung einer kathodenseitigen n-leitenden Feldstopzone sind in WO99/01956 DE beschrieben.

[0018] Für die Grundfunktion "Durchlaß" gelten die folgenden Überlegungen:

[0019] Für einen sicheren ohmschen Kontakt der Anodenmetallisierung und der Kathodenmetallisierung am Anodenemitter bzw. am Kathodenemitter und niedrige Kontaktwiderstände sind erheblich höhere Oberflächen-Dotierstoffkonzentrationen erforderlich, als diese oben im Zusammenhang mit der Grundfunktion "statisches Sperren" angegeben sind. Außerdem ist zu bedenken, daß die Forderung nach einem definierten, niedrigen Wirkungsgrad des Anodenemitters gleichbedeutend ist mit der Forderung nach einer niedrigen Dotierstoffdosis.

[0020] Beide Ziele, nämlich ein geringer Kontaktwiderstand und ein niedriger Wirkungsgrad des Anodenemitters, werden gleichzeitig durch eine flache, oberflächennahe Implantation erreicht. Die Ausdiffusion dieses implantierten

Profils darf aber nur so weit erfolgen, daß an der Oberfläche des Chips Konzentrationen von etwa 10^{17} Dotierstoffatome cm^{-3} für die p-leitende Zone keinesfalls unterschritten werden. Zweckmäßigerweise wird also die implantierte Dosis des Anodenemitters lediglich aktiviert und nur geringfügig über wenige nm diffundiert.

[0021] Für die Grundfunktion "Durchlaß" spielen kleine Defekte im Kristallgitter des Chips mit Abmessungen von wenigen μm keine ausschlaggebende Rolle, da durch diese Defekte die stromführende Fläche, die vorzugsweise über 1 mm^2 liegt, nicht spürbar verändert wird. Auch braucht die Grundfunktion "statisches Sperren" von dem Anodenemitter nicht geleistet zu werden.

[0022] Unter Berücksichtigung der obigen Überlegungen liegt eine zweckmäßige Dosis für den p⁺-leitenden Anodenemitter bei Werten von höchstens etwa 2×10^{13} Dotierstoffatomen cm^{-2} .

[0023] Für den Kathodenemitter gelten entsprechende Überlegungen, auch wenn dort keine Auswirkungen auf eine Rückstromspitze auftreten.

[0024] Bekanntlich sollte der Emitterwirkungsgrad der Kathode stärker sein als der Emitterwirkungsgrad der Anode (vergleiche A. Porst et al.: Improvement of the diode characteristics using Emitter Controlled principles (EMCON-Diode), Proc. ISPSD, Weimar, 1997, S. 213-216), um eine stärkere Anhebung von Ladungsträgern auf der Kathodenseite zu erreichen. Wird dies berücksichtigt, so kann eine gezielte Abstimmung des Freiwerde-Verhaltens, beispielsweise ein "soft recovery-Verhalten" einer Hochvolt-Diode für verschiedene Anwendungen erreicht werden.

[0025] An der Oberfläche des Kathodenemitters sollten Donatorkonzentrationen über 10^{19} Dotierstoffatome cm^{-3} vorhanden sein, um einen ohmschen Kontakt zu der Kathodenmetallisierung aus beispielsweise Aluminium zu gewährleisten. Eine zweckmäßige Dosis zur Bildung des Kathodenemitters liegt dann über 5×10^{13} Dotierstoffatomen cm^{-2} .

[0026] Bei der erfindungsgemäßen Hochvolt-Diode kann der Emitterwirkungsgrad der jeweiligen Kontaktschicht, also des Anodenemitters bzw. des Kathodenemitters, zusätzlich durch oberflächennahe Kristallschäden reduziert werden. Solche Kristallschäden können durch Bestrahlungen oder Ionenimplantationen mit beispielsweise Argon oder Krypton erzeugt werden. Dadurch braucht aber eine Verschlechterung der Sperreigenschaften der Hochvolt-Diode nicht befürchtet zu werden.

[0027] Die erfindungsgemäße Hochvolt-Diode zeichnet sich im Vergleich mit der aus der DE 195 43 922 A1 bekannten Softrecovery-Diode speziell durch die folgenden Eigenschaften aus:

[0028] Durch die Erfindung werden Dimensionierungsvorschriften für die p-leitende Feldstopzone und deren notwendige Dotierung und die Kontaktimplantation an der Anode und der Kathode angegeben.

[0029] Die Dosis der durch den p⁺-leitenden Anodenemitter gebildeten p-Kontaktimplantation braucht nicht höher als die Dosis der die p-leitenden Feldstopzone bildenden Implantation zu sein, welche eine Dosis von wenigstens $1,8 \times 10^{12}$ Dotierstoffatomen cm^{-2} besitzen sollte. Sie kann aber eine höhere Dosis aufweisen, die vorzugsweise jedoch nicht höher als 2×10^{13} Dotierstoffatome cm^{-2} sein sollte. Diese Implantation sollte ausgeheilt sein.

[0030] Gegebenenfalls können an der Oberfläche Kristallschäden beispielsweise durch Ionenimplantation mit schweren, nicht dotierenden Ionen, wie z. B. Argon, erzeugt werden.

[0031] Die Kathode hat vorzugsweise eine höhere Kontaktimplantationsdosis als die Anode.

[0032] Die erfindungsgemäße Hochvolt-Diode ist relativ einfach herstellbar und erfordert keine zusätzlichen Photoebenen. Vielmehr sind die bei bestehenden Dioden angewandten Photoebenen und Maskierungen ausreichend.

[0033] Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert, in deren einziger Figur ein Schnitt durch ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Hochvolt-Diode dargestellt ist.

[0034] Eine Hochvolt-Diode nach diesem Ausführungsbeispiel besteht aus einem Siliziumkörper. Anstelle von Silizium kann auch ein anderes geeignetes Halbleiternmaterial, wie beispielsweise SiC und so weiter gewählt werden. Dabei müssen die Implantationsdosen an das jeweilige Material angepaßt werden. Der Siliziumkörper weist eine n⁻-leitende Driftzone 1, eine p-leitende Zone 2, die mit der n⁻-leitenden Driftzone einen pn-Übergang 3 bildet, einen p⁺-leitenden Anodenemitter 4, eine n-leitende Zone 5 und einen n⁺-leitenden Kathodenemitter 6 auf.

[0035] Der Anodenemitter 4 ist mit einer Anodenmetallisierung 7 versehen, und auf dem Kathodenemitter 6 ist eine Kathodenmetallisierung 8 aufgetragen. Für diese Metallisierungen können bekannte Kontaktwerkstoffe wie beispielsweise Al, AlSi und so weiter gewählt werden.

[0036] Die Dotierungskonzentration in dem p⁺-leitenden Anodenemitter 4 wird zwischen $1,5 \times 10^{12}$ bis 5×10^{13} Atomen cm^{-2} eingestellt. Vorzugsweise liegt die Dosis zwischen 5×10^{12} bis 2×10^{13} Atomen cm^{-2} . Der Anodenemitter 4 wird in bevorzugter Weise durch eine flache, oberflächennahe Implantation hergestellt, der sich ein Ausheilen ohne wesentliche Ausdiffusion des auf diese Weise implantierten Profils anschließt. Diese Ausdiffusion sollte nur so weit geschehen, daß die weiter oben angegebenen Werte für die Oberflächen-Dotierungskonzentrationen keinesfalls unterschritten werden. Mit anderen Worten, niedrigere Oberflächenkonzentrationen für den Anodenemitter als 1×10^{17} Dotierstoffatome cm^{-3} sollten nicht eingestellt werden.

[0037] Zweckmäßigerweise wird die auf diese Weise implantierte Dosis lediglich aktiviert und dabei nur geringfügig um wenige nm ausdiffundiert.

[0038] Die p-leitende Zone 2 kann in bevorzugter Weise mit einer Dosis von $1,3 \times 10^{12}$ bis $1,8 \times 10^{12}$ Dotierstoffatomen cm^{-2} implantiert und mit einer Diffusionsweite von etwa $2 \mu\text{m}$ ausdiffundiert werden. Diese niedrige Dosis ist ausreichend, um für die p-leitende Zone 2 die gewünschte feldstoppende Wirkung zu erreichen. Gegebenenfalls können noch etwas höhere Werte als $1,8 \times 10^{12}$ Dotierstoffatome cm^{-2} verwendet werden, was insbesondere dann gilt, wenn in der Zone 2 kleine Partikel oder Defekte vorhanden sind. So sind Werte von vorzugsweise $1,5 \times 10^{12}$ bis 3×10^{12} Dotierstoffatomen cm^{-2} sinnvoll.

[0039] Bei der angegebenen Diffusionsweite von $2 \mu\text{m}$ ergibt sich eine mittlere Dotierungskonzentration in der Zone 2 von etwa 10^{16} Atomen cm^{-3} .

[0040] Der Kathodenemitter 6 sollte einen ebenso einstellbaren, aber höheren Emitterwirkungsgrad als der Anodenemitter 4 aufweisen, um so eine stärkere, gezielte Anhebung von Ladungsträgern auf der Kathodenseite zu erreichen. In bevorzugter Weise werden so an der Oberfläche des Kathodenemitters 6 Donatorkonzentrationen über 10^{19} Atome cm^{-3} eingestellt, um einen ohmschen Kontakt zu der Kathodenmetallisierung 8 beispielsweise aus Aluminium zu gewährleisten. Eine zweckmäßige Dosis für die Implantation des Kathodenemitters liegt bei Werten von 5×10^{13} Dotierstoffatomen cm^{-2} und darüber.

[0041] Der Emitterwirkungsgrad im Anodenemitter 2 bzw. im Kathodenemitter 6 kann durch oberflächennahe Kristallschäden weiter reduziert werden. Solche Kristallschäden können durch Bestrahlungen oder Ionenimplanta-

tionen mit beispielsweise Argon oder Krypton oder dergleichen erreicht werden. Eine Verschlechterung der Sperrigenschaften der Hochvolt-Diode ist durch diese gezielten oberflächennahen Kristallschäden nicht zu erwarten, da die für das statische Sperren zuständigen Schichten der Zonen 2 und 5 nicht beeinflusst werden.

[0042] Die erfindungsgemäße Hochvolt-Diode ist in üblicher Weise mit Isolierschichten versehen, wie es beispielsweise in EP 0 341 453 B1 beschrieben ist. Als Beispiel für den Beginn eines möglichen Randabschlusses ist eine Isolierschicht 9 aus Siliziumdioxid auf der Anodenseite in dem Ausführungsbeispiel gezeigt. Anstelle von Siliziumdioxid kann auch ein anderes geeignetes Isoliermaterial, wie beispielsweise Siliziumnitrid, gewählt werden.

Bezugszeichenliste

1 n ⁻ -leitende Driftzone	
2 p ⁻ -leitende Zone	
3 pn-Übergang	20
4 Anodenemitter	
5 n ⁻ -leitende Zone	
6 Kathodenemitter	
7 Anodenmetallisierung	
8 Kathodenmetallisierung	25
9 Isolierschicht	

Patentansprüche

1. Hochvolt-Diode mit einer anodenseitigen p⁻-leitenden Zone (2), einer kathodenseitigen n⁻-leitenden Driftzone (1), die mit der p⁻-leitenden Zone (2) einen pn-Übergang (3) bildet, einem an eine Anodenmetallisierung (7) angrenzenden und in der p⁻-leitenden Zone (2) vorgesehenen p⁺-leitenden Anodenemitter (4) und einem an eine Kathodenmetallisierung (8) angrenzenden n⁺-leitenden Kathodenemitter (6), **dadurch gekennzeichnet**, daß die p⁻-leitende Zone (2) im Vergleich zu dem eine relativ hohe Oberflächenkonzentration, aber eine geringe Eindringtiefe aufweisenden p⁺-leitenden Anodenemitter (4) niedrig dotiert ist, daß zwischen der n⁻-leitenden Driftzone (1) und dem n⁺-leitenden Kathodenemitter (6) eine n⁻-leitende Zone (5) vorgesehen ist, daß die Dotierstoff-Dosis des p⁺-leitenden Anodenemitters (4) zwischen $1,3 \times 10^{12}$ Dotierstoffatomen cm⁻² und 5×10^{13} Dotierstoffatomen cm⁻² liegt, und daß die an den pn-Übergang (3) angrenzende p⁻-leitende Zone (2) mit einer Dosis von $(1,3 \dots 3) \times 10^{12}$ Dotierstoffatomen cm⁻² dotiert ist.
2. Hochvolt-Diode nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Dotierstoff-Dosis des p⁺-leitenden Anodenemitters (4) zwischen 5×10^{12} Dotierstoffatomen cm⁻² und 2×10^{13} Dotierstoffatomen cm⁻² liegt.
3. Hochvolt-Diode nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Dotierungskonzentration des n⁺-leitenden Kathodenemitters (6) an der Oberfläche über 10^{19} Dotierstoffatome cm⁻³ beträgt.
4. Hochvolt-Diode nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die implantierten Dotierstoffatome der p⁻-leitenden Zone (2) mit einer Diffusionsweite von etwa 2 µm ausdiffundiert sind.
5. Hochvolt-Diode nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der p⁺-leitende Anodenemitter (4) mit einer Dosis von höchstens 2×10^{13} Dotierstoffatomen cm⁻² implantiert ist.
6. Hochvolt-Diode nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

dadurch gekennzeichnet, daß der Emittierwirkungsgrad des Kathodenemitters (6) und/oder des Anodenemitters (4) durch oberflächennahe Kristallschäden reduziert ist.

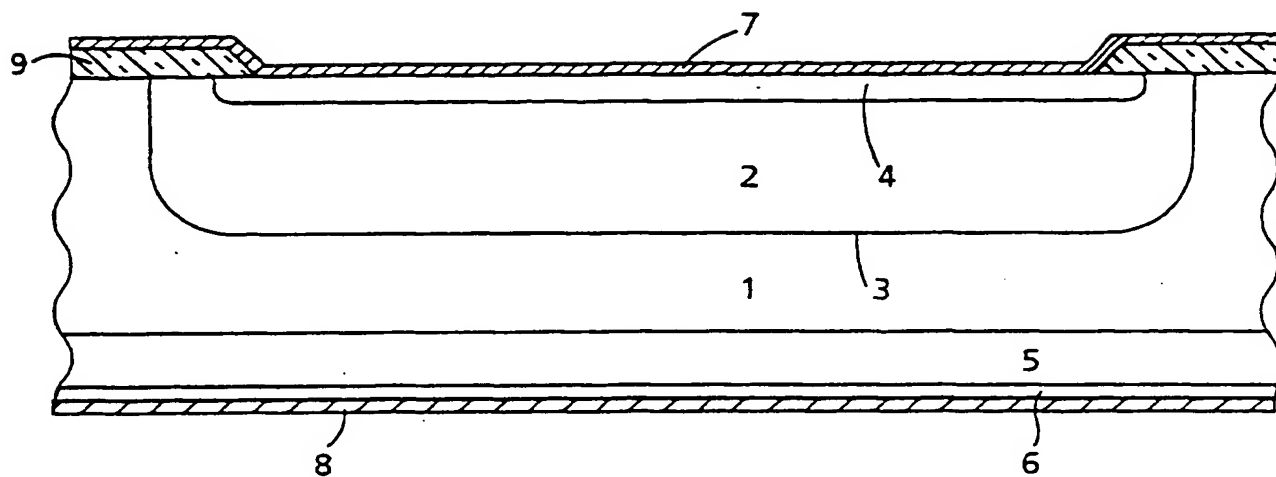
7. Hochvolt-Diode nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Kristallschäden durch Bestrahlung oder Ionenimplantation erzeugt sind.

8. Hochvolt-Diode nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß für die Bestrahlung oder Ionenimplantation Argon oder Krypton verwendet werden.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Fig. 1



High-voltag diode

Patent Number: US2003122151
Publication date: 2003-07-03
Inventor(s): MAUDER ANTON (DE); PORST ALFRED (DE)
Applicant(s):
Requested Patent: DE10031461
Application Number: US20020331928 20021230
Priority Number(s): DE20001031461 20000628; WO2001DE02366 20010627
IPC Classification: H01L29/74
EC Classification: H01L29/32, H01L29/861B
Equivalents: WO0201646

Abstract

A high-voltage diode has a dopant concentration of an anode region and a cathode region optimized in terms of basic functions static blocking and conductivity. Dopant concentrations range from 1×10^{17} to 3×10^{18} dopant atoms per cm^3 for the anode emitter, especially on its surface 10^{19} dopant atoms per cm^3 or more for the cathode emitter and approximately 10^{16} dopant atoms per cm^3 for the blocking function of an anode-side zone

Data supplied from the esp@cenet database - I2

DOCKET NO: UUH-12841

SERIAL NO: _____

APPLICANT: A Mander et al.

LERNER AND GREENBERG P.A.

P.O. BOX 2480

HOLLYWOOD, FLORIDA 33022

TEL. (954) 925-1100